

Veranstaltungen

# 8. Workshop zur Gewässer- gütemodellierung: Messdaten und Modellierungen

13. – 14. Juni 2023

---



**BfG** Bundesanstalt für  
Gewässerkunde



Veranstaltungen

# 8. Workshop zur Gewässergütemodellierung: Messdaten und Modellierungen

## 13. – 14. Juni 2023

---

**Kurztitel** 8. Workshop zur Gewässergütemodellierung Abstractband

---

**Ansprechpersonen** Bergfeld-Wiedemann, Tanja; Schöl, Andreas; Wyrwa, Jens  
**Bundesanstalt für Gewässerkunde**  
*Referat Mikrobielle Ökologie*

---

**Projekt-Nummer** M39630202277

---

**ISBN/ISSN** ISSN 1866-220X  
**DOI** 10.5675/BfG\_Veranst\_2023.1

# Impressum

---

**Herausgeber** Bundesanstalt für Gewässerkunde  
Am Mainzer Tor  
56068 Koblenz

Telefon +49 261 1306-0  
Telefax +49 261 1306-5302

E-Mail [posteingang@bafg.de](mailto:posteingang@bafg.de)  
Internet [www.bafg.de](http://www.bafg.de)

---

**Weitere Beteiligte** Bergfeld-Wiedemann, Tanja; Schöl, Andreas; Wyrwa, Jens  
Referat Mikrobielle Ökologie

---

**Zitiervorschlag** Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hrsg.): 8. Workshop zur Gewässergütemodellierung: Messdaten und Modellierungen am 13./14. Juni 2023. Veranstaltungen 1/2023, Koblenz, 24 S. DOI: 10.5675/BfG\_Veranst\_2023.1.

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>Impressum</b> .....	3
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	4
<b>Einleitung</b> .....	6
<b>Digitaler Gewässerzwilling der Emscher als Datendrehscheibe zum Aufbau eines Gewässergütemodells</b>	
Andreas Petruck, Ulrich Stöffler, Dominik Leutnant, Vivien Heider, Magnus Hoffmann, Frank-Andreas Weber .....	7
<b>Modeling the cyanobacteria blooms in the regulated Moselle River</b>	
Mayra Ishikawa, Julia Kleinteich, Marieke Frassl.....	8
<b>Modellierung von Diclofenac in der Ruhr – Über Umwege zum Ziel</b>	
Karin Banhold, Daniel Teschlade .....	9
<b>Wärmelastrechnungen Unterer Main</b>	
Ulrich Kaul .....	10
<b>R Paket zur Kartendarstellung der Auswirkungen von Mischwasserüberläufen nach der Modellierung mit QSim/Hydrax</b>	
Malte Zamzow, Frank Schumacher.....	11
<b>Integration eines vereinfachten Gütemodells in ein Wasserhaushaltsmodell</b>	
Manfred Dorp, Eva Loch, Benedikt Rothe.....	12
<b>Predicting benthic and pelagic algae growth in the German Elbe River Network – Application of a parsimonious process-based model (CnANDY)</b>	
Niklas Heinemann, Olaf Büttner, Dietrich Borchardt, Soohyun Yang .....	13
<b>Prozessverständnis Tideelbe – Welchen Einfluss hat die Hydraulik auf den Sauerstoffgehalt der Tideelbe?</b>	
Arne Hammrich.....	14
<b>Eine messdaten- und modellgestützte Untersuchung des Sauerstoffdefizits der Tideelbe im Juni 2022</b>	
Fabian Große, Tina Sanders, Werner Blohm, Jens Wyrwa, Andreas Schöl .....	15
<b>Modellierung der Nährstoffeinträge und Bodenphosphat-Remineralisierung im Ems-Ästuar</b>	
Gholamreza Shiravani, Tea Behrends, Cordula Berkenbrink, Dennis Oberrecht, Andreas Wurpts. 16	
<b>Masterplan Ems 2050 / Technischer Test 2020 – Ergebnisse des Monitorings</b>	
Andreas Engels, Christine Borgsmüller, Andreas Schöl .....	17
<b>How biological factors influence suspended particulate matter dynamics in shallow waters: a model study</b>	
Enpei Li, Kai Wirtz .....	18
<b>Long-term SPM dynamics in the Elbe Estuary and adjacent coastal zone: interactions with phytoplankton underestimated?</b>	
Justus van Beusekom, Tina Sanders, Dorothee Fehling, Gesa Schulz, Fabrizio Minutolo, Andreas Neumann, Kirstin Dähnke .....	19

**Modellierung der Mikroplastikkontamination im Weser-Ästuar und angrenzenden Wattenmeer**

Gholamreza Shiravani, Andreas Wurpts ..... 20

**Scrubber-Abwässer aus der Schifffahrt: Ein Schadstoff-Modell auf Basis spezifischer Messungen und Daten zur Unterstützung von Schutzmaßnahmen in der Nord- und Ostsee**

Christoph Stegert, Octavio Marin, Kristina Deichnik, Annika Krutwa, Ina Lorkowski, Fabian Schwichtenberg..... 21

**Dispersionsversuche als Teil der Modellierung von Wasser- und Stoffstromdynamiken**

Annika Linkhorst, Julia Arndt, Lars Duester, Rike Völpel..... 22

**Modellierung von Arzneimittelwirkstoffen in Gewässern: Ansätze für Gegenwart und Zukunft am Beispiel von Carbamazepin**

Benjamin Schima, Gerd Hübner, Daniel Schwandt ..... 23

**Aktuelle Entwicklungen in QSim**

Jens Wyrwa, Marieke Frassl, Fabian Große, Michael Schönung, Tinh Vu..... 24

# Einleitung

Der 8. Workshop der BfG zur Gewässergütemodellierung bietet eine Plattform zum wissenschaftlichen Austausch über die Entwicklung und den Einsatz der Modelle. Mit Gewässergütesimulationen wird ein breites Spektrum an Umweltthemen bearbeitet. Dazu müssen numerische Modelle für biologische Vorgänge mit Simulationen von Hydrologie, Hydrodynamik, Physik und Chemie ineinandergreifen.

Diesmal soll der Schwerpunkt auf den spezifischen Anforderungen an die Datenquellen für Entwicklung, Antrieb und Validierung von Gewässergütemodellen liegen. Weiteres Thema sind Messdaten und Modellierungen zu Schwebstoffen in Flüssen und Ästuaren. Ein spezieller Teil des Workshops wird sich mit laufenden Entwicklungsarbeiten am BfG-eigenen Gewässergütemodell QSim befassen. QSim (Qualitäts-Simulation) ist ein deterministisches Gewässergütemodell, das der Simulation und Prognose des Stoffhaushalts und der Planktodynamik von Fließgewässern dient. QSim wird in der BfG als legacy code weiterentwickelt. Änderungen im QSim-Code sind inzwischen mittels eines Versions-Verwaltungssystems (GIT) nachvollziehbar. Zukünftig sollen QSim-Versionen unter der open-source-Lizenz GPLv3 veröffentlicht werden.

Der 8. Workshop zur Gewässergütemodellierung mit seinen Vorträgen soll interessante Diskussionen zwischen Fachleuten aus Bundes- und Landesbehörden, Beratungsbüros und Verbänden sowie aus Forschung und Lehre ermöglichen. Damit wollen wir ein „smartes“ nationales Forum fortsetzen, bei dem sehr verschiedene Aspekte zur Gewässergütemodellierung vorgestellt werden. Gerade der gemeinsame Austausch über oft gleiche oder zumindest doch ähnliche Fragestellungen soll helfen, Anregungen für die eigenen Arbeiten zu finden oder zeigen, wie vielschichtig Gewässergütemodellierungen sind und dass bei anderen Arbeiten oft vergleichbare Herausforderungen bestehen.

Wir wünschen zwei interessante und lohnende Tage in Koblenz

Tanja Bergfeld-Wiedemann

Andreas Schöl

Jens Wyrwa

# Digitaler Gewässerzwilling der Emscher als Datendrehscheibe zum Aufbau eines Gewässergütemodells

Andreas Petruck, Ulrich Stöffler, Dominik Leutnant, Vivien Heider, Magnus Hoffmann, Frank-Andreas Weber

Emschergenossenschaft/Lippeverband, Kronprinzenstr. 24, 45128 Essen, petruck.andreas@eglv.de

Seit Ende 2021 ist die Emscher nach mehr als 150-jähriger Geschichte als offener Abwasserkanal frei von Abwasser. Damit sind die Voraussetzungen für die ökologische Verbesserung der Emscher geschaffen. Gleichwohl fließt die Emscher weiterhin durch eines der am dichtesten besiedelten Gebiete Westeuropas. In drei Großkläranlagen wird das Abwasser von mehr als drei Millionen Einwohnergleichwerten gereinigt und abgeleitet. Nicht klärflichtiges Mischwasser kann durch 250 Regenwasserbehandlungsanlagen im Entlastungsfall in die Emscher und ihre Nebengewässer eingeleitet werden. Die Bewirtschaftung der Emscher soll zukünftig durch den Aufbau eines digitalen Gewässerzwillings unterstützt werden, in dem Mess- und Simulationsdaten zu Abflussmenge- und -beschaffenheit integriert prozessiert werden. Ein zentraler Baustein wird das aktuell im Aufbau befindliche Gewässergütemodell der Emscher auf der Basis von CE-QUAL-W2 sein. Als Eingangsdaten und zur Modellkalibrierung dienen Messdaten aus 2-monatlichen Gewässeruntersuchungen und kontinuierlich messenden Gewässergütekонтролstationen an der Emscher. Zusätzlich werden weitere Gewässergüte- und Bilddaten des Emscher-Hauptlaufs und relevanter Nebengewässer mittels Drohnen erhoben. Diese werden hierfür mit einer Multiparametersonde, einem Probenehmer und einer Multispektralkamera (RGB + NIR) ausgestattet. Die in den Simulationsläufen prognostizierte Entwicklung der Beschaffenheit der Emscher soll zukünftig als Entscheidungshilfe für die Bewirtschaftung der wasserwirtschaftlichen Anlagen dienen. So kann bedarfsgerecht z.B. die vorgesehene Belüftung der Kläranlagenabläufe oder die Verteilung der Abwassermenge über den Abwasserkanal Emscher auf die Kläranlagen Bottrop und Emschermündung gesteuert werden. Zusätzlich soll das Modell auch als Prognoseinstrument zur Bewertung verschiedener Bewirtschaftungsszenarien dienen (z.B. Wirkung von Beschattung oder Änderungen am hydraulischen Querschnitt der Gewässer) sowie zur Abschätzung der Auswirkungen des Klimawandels. Im Vortrag wird ein Überblick über den aktuellen Stand und die zukünftig vorgesehenen Arbeiten gegeben.

# Modeling the cyanobacteria blooms in the regulated Moselle River

Mayra Ishikawa, Julia Kleinteich, Marieke Frassl

Bundesanstalt für Gewässerkunde, Am Mainzer Tor 1, 56068 Koblenz, [ishikawa@bafg.de](mailto:ishikawa@bafg.de)

In the Moselle, a large regulated river in western Germany, cyanobacteria blooms have occurred in late summer since 2017 – except for the year of 2021. Previously, the phytoplankton community had been dominated by diatoms with concentration peaks in spring. The goal of this study is to better understand the processes behind the occurrence of the cyanobacteria bloom based on the combination of measured and simulated data, for the years 2000 to 2022. The model set-up has a hydrodynamic module (HYDRAX) that simulates volumetric discharges, flow velocities and water level. The water quality model (QSim) is a 1D process-based model that simulates water temperature, dissolved oxygen, nutrients, and chlorophyll-a concentrations. Chlorophyll-a is divided into the three groups: green algae, diatoms, and cyanobacteria. A statistical analysis of long-term measured data showed that cyanobacteria blooms occurred when mean water temperature and light availability had increased significantly and the volumetric discharge and therefore flow velocity and residence time had decreased. The model currently gives good results for water level, volumetric discharge, and water temperature. Nutrients also have a good fit with observed seasonal patterns and the order of magnitude. Scenarios are being adopted to better comprehend the drivers controlling the dynamics of phytoplankton community composition including the occurrence of cyanobacteria blooms. We conclude that cyanobacteria blooms are a consequence of the hydraulic conditions, temperature and light that have changed with the heat-waves of the past years.

# Modellierung von Diclofenac in der Ruhr – Über Umwege zum Ziel

Karin Banhold, Daniel Teschlade

Ruhrverband, Kronprinzenstr. 37, 45128 Essen, kba@ruhrverband.de

Rückstände von Arzneimittelwirkstoffen gelangen – nachdem sie Menschen oder Tieren verabreicht und von ihnen ausgeschieden wurden – direkt, als Metabolit oder Transformationsprodukt über verschiedene Wege in Bäche, Flüsse und Seen. Einer dieser Wirkstoffe ist das weit verbreitete Schmerzmittel Diclofenac. Lebewesen in Gewässern und über die Nahrungskette auch außerhalb können durch die Aufnahme teils lebensbedrohliche Nieren- und Leberschäden erleiden, weshalb die Konzentration im Gewässer möglichst gering zu halten ist.

Der Ruhrverband versorgt mit fünf Stauseen und acht Talsperren rd. 4,6 Millionen Menschen sowie Gewerbe- und Industriebetriebe mit Trink- und Brauchwasser und sorgt mit 65 Kläranlagen für eine gute Qualität im Oberflächengewässer. Die Analyse über den Einfluss von Spurenstoffen, insbesondere vom Arzneimittelwirkstoff Diclofenac, auf das Gewässersystem spielt daher im Rahmen der Bewirtschaftung eine wichtige Rolle. Für die Abbildung der Konzentrationsverläufe in der Ruhr nutzt der Ruhrverband das Gewässergütemodell QSim. Ziel ist neben der Modellierung der Ist-Situation insbesondere die Analyse, inwieweit sich Änderungen im System, bspw. infolge von Veränderungen der Talsperrenbewirtschaftung, ergeben.

Das Gewässergütemodell QSim ist in der Lage, hydraulische, chemische, physikalische und biologische Parameter für Fließgewässer zu modellieren, verfügt jedoch (noch?) nicht über einen Baustein zur Abbildung des photolytischen Abbaus von Stoffen im Fließgewässer, zu denen auch Diclofenac gehört. Bei der Modellierung von Diclofenac als Tracer ergeben sich daher insbesondere in den sonnenreichen Sommermonaten starke Abweichungen zu den real gemessenen Werten im Gewässer. Mithilfe des Extinktionsfaktors, der Lichteindringtiefe, den QSim im Zusammenhang mit dem Algenwachstum für jeden Zeitpunkt und Querschnitt berechnet, konnte ein Faktor entwickelt werden, über den sich die modellierten Tracerwerte korrigieren lassen. Ein Vergleich mit den real gemessenen Werten im Gewässer ist vielversprechend und macht die Diclofenac-Konzentration in der Ruhr abschätzbar.

# Wärmelastrechnungen Unterer Main

Ulrich Kaul

Bayerisches Landesamt für Umwelt, Bürgermeister-Ulrich-Str. 160, 86179 Augsburg,  
ulrich.kaul@lfu.bayern.de

Die Wärmelastrechnungen (WLR) beschreiben die Temperaturverhältnisse entlang dem unteren Main zwischen dem Pegel Kemmern (Fluss-km 390,9) oberhalb der Einmündung der Regnitz und der Staustufe Krotzenburg (Fluss-km 63,8). Die Berechnungen wurden mit dem Gewässergütemodell QSim der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) durchgeführt.

Wesentliche Berechnungsgrundlage in dem Modell ist die Gewässergeometrie anhand von Querprofilen, Gefälle- und Rauigkeitsangaben. Die weiteren relevanten Inputdaten wie Klima und Wassertemperatur wurden anhand einer statistisch abgesicherten Auswertung des verfügbaren Datenmaterials ermittelt. Sie repräsentieren realistische Rahmenbedingungen, die im Hinblick auf den Wärmehaushalt als besonders ungünstig einzustufen sind. Durch die Gütesimulation wird einerseits der unbelastete Zustand des Gewässers ohne Wärmeeinleitungen dargestellt, andererseits die Situation mit Wärmeeinleitungen, wobei auch deren Summationswirkung erfasst wird.

Die WLR ermöglichen u. a. Auswertungen zu Veränderungen des unbelasteten Zustandes durch die bestehenden Wärmeleinleitungen, durch künftige Vorhaben, zur optimalen Lage von Temperaturmessstellen und deren Qualitätssicherung. Zudem sind auch Schlussfolgerungen möglich hinsichtlich der aus gewässerökologischer Sicht und zur Einhaltung von immissionsbezogenen rechtlichen Anforderungen erforderlichen Maßnahmen bei bestehenden und zukünftigen Vorhaben mit bedeutenden Wärmeeinleitungen.

# R Paket zur Kartendarstellung der Auswirkungen von Mischwasserüberläufen nach der Modellierung mit QSim/Hydrax

Malte Zamzow, Frank Schumacher

Ingenieurbüro für Wasser und Umwelt, Südwestkorso 70, 12161 Berlin,  
schumacher@wasserundumwelt.de

Überläufe der Berliner Mischkanalisation nach Starkregenereignissen führen in den betroffenen Gewässerabschnitten regelmäßig zu (sehr) geringen Sauerstoffkonzentrationen mit bis hin zu letalen Folgen für die Fischfauna. Um längerfristig das gute ökologische Potenzial in den Berliner Gewässern zu erreichen, wurde im Rahmen des Projekts „MiSa - Mischwasser(Einzugsgebiets)Sanierung“ ein Planungsinstrument erstellt, bei dem das Modell der Mischkanalisation (Software InfoWorks ICM) mit dem der Gewässergütesimulation (GERRIS/HYDRAX/QSim) gekoppelt ist.

Die unterschiedlichen Maßnahmen werden im Vergleich zum Istzustand bewertet, der durch insgesamt 15 ausgewählte Ereignisse mit kritischen Sauerstoffverhältnissen ( $< 1,5$  mg/l) im Zeitraum der Jahre 2011 bis 2019 mit der Modellkette abgebildet wird.

Um die Simulationsrechnungen im verzweigten Gewässernetz schnell auf Plausibilität prüfen und unterschiedliche Maßnahmen im Einzugsgebiet hinsichtlich ihrer Wirkung im Gewässer vergleichen zu können, werden die zeitlich hochaufgelösten (15 min) Ergebnisse zum einen numerisch (minimale Sauerstoffkonzentration und Unterschreitungsdauer des Grenzwertes) ausgewertet und zum anderen kartografisch dargestellt.

Das dazu mit der Programmiersprache R erstellte Paket verwendet die Eingangsdaten der Mischwasserüberläufe (MWÜ) sowie die Simulationsergebnisse von HYDRAX/QSim. Für die kartografische Darstellung muss die Lage der Stationen der Fließgewässer und die der Auslässe einmalig manuell georeferenziert werden.

In der Karte wird die in Klassen eingeteilte Unterschreitungsdauer der Sauerstoffkonzentration entlang der Gewässerabschnitte farblich codiert dargestellt. Weiterhin wird die Größe des jeweiligen Überlaufvolumens der insgesamt 176 MWÜ als flächenproportionale Kreise in die Karte eingezeichnet. Für die Bewertung der verschiedenen Maßnahmen können die Ergebnisse aller 15 Ereignisse zusammengefasst und analog die Summe der Unterschreitungsdauer und die Anzahl kritischer Ereignisse in einem Gewässerabschnitt farbskaliert in der Gewässerkarte dargestellt werden.

Das R-Paket ist öffentlich auf Github verfügbar und mit einem Beispiel zum Sauerstoffverlauf in Berlin nach MWÜ ausgestattet. Entsprechend angepasst können leicht auch andere Eingangsgrößen für den Belastungsinput (z.B. Schadstofffrachten) als auch alle anderen Berechnungsgrößen aus QSim verwendet werden.

# Integration eines vereinfachten Gütemodells in ein Wasserhaushaltsmodell

Manfred Dorp, Eva Loch, Benedikt Rothe

Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH, Bachstraße 62-64, 52066 Aachen,  
manfred.dorp@hydrotec.de

Hydrologische Modelle beschäftigen sich vom Grundsatz her mit den quantitativen Aspekten des Wasserhaushalts. Die N-A-Modellierungssoftware NASIM wurde um Funktionen für die Modellierung qualitativer Prozesse der Stoffmischung und -umsetzung erweitert.

Diese Integration ermöglicht es, den Zusammenhang zwischen den hydrologischen Prozessen (z.B. Regenereignisse, Abflussbildung, hydrodynamisches Routing) und den Auswirkungen auf die Gewässergüte (z.B. Nährstoffkonzentrationen, pH-Wert, Sauerstoffgehalt) zu untersuchen und den Transport von Stoffen abzubilden.

Abgeleitete Größen wie der pH-Wert und die Ammoniak-Konzentration sind einfach über einen Formeleditor in NASIM bestimmbar und werden als Zeitreihe ausgegeben. Zur Modellierung von BSB<sub>5</sub> und Sauerstoffkonzentration wurde ein Plugin in NASIM integriert, das diese Werte in Abhängigkeit von der Wassertemperatur nach Streeter-Phelps berechnet.

Somit ist das N-A-Modell als Werkzeug für eine vereinfachte Gewässergütemodellierung einsetzbar. In der Praxis hat sich dieser Ansatz u. a. bei der Nachweisführung nach DWA-Arbeitsblatt 102 für Einleitungen in Gewässer bereits bewährt, bei denen eine Immissionsbetrachtung erforderlich war.

Der Vortrag geht auf die Implementierung der qualitativen Prozesse in das hydrologische Modell ein, stellt den Einsatz von NASIM in Projekten mit diesem Kontext vor und gibt einen Ausblick auf anstehende Entwicklungen.

# Predicting benthic and pelagic algae growth in the German Elbe River Network – Application of a parsimonious process-based model (CnANDY)

Niklas Heinemann, Olaf Büttner, Dietrich Borchardt, Soohyun Yang

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH, Brückstraße 3a, 39114 Magdeburg,  
niklas.heinemann@ufz.de

Eutrophication still persists as a water quality issue in European freshwaters, despite historical endeavors of the government, the associated environmental sectors and the public. The current status demonstrates the need for new and smart perspectives to design future strategies to improve the river water quality and aquatic ecosystems and thus achieve ambitious environmental goals such as the EU Water Framework Directive. In this context, we hypothesize that the spatial distribution patterns of pelagic and benthic eutrophication regimes are instrumental in planning river water quality improvement strategies.

Here, we focus on investigating the possible spatial patterns of eutrophication regimes in the German Elbe River Basin from the Czech border up to the tide-affected part of the Elbe (Geesthacht, Germany). We employ the recently developed river-network-scale CnANDY (Coupled Complex Algal-Nutrient DYNamics) model, which simulates the coupled pelagic-benthic algae and nutrient dynamics along river networks and enables the consideration of key factors such as instream competition for light and phosphorus (P) as a single algae growth-limiting nutrient. Under the steady-state median river discharge between 1986-2021, we delineate spatially explicit eutrophication patterns over stream orders. Total P loads from point and diffuse sources were integrated as external P loading from 1,537 wastewater treatment plants and from multiple land-covers weighted with each direct drainage area, respectively. The mass of benthic and pelagic algae driven by the chlorophyll-a concentration and P as orthophosphate were simulated for each stream segment and validated using monitoring station data. Our study findings highlight the potential adverse impacts of nutrient excess on river networks, triggering eutrophication. The feasibility of modelling algal spatial patterns sheds light on informing mid- and long-term strategies for safe river water quality.

# Prozessverständnis Tideelbe – Welchen Einfluss hat die Hydraulik auf den Sauerstoffgehalt der Tideelbe?

Arne Hammrich

Bundesanstalt für Wasserbau, Wedeler Landstraße 157, 22559 Hamburg, Arne.hammrich@baw.de

Die Tideelbe zwischen Hamburg und der Nordsee ist eine wichtige Schifffahrtsstraße und wurde in der Vergangenheit immer wieder ausgebaut, um die Erreichbarkeit des Hamburger Hafens für größer werdende Schiffe sicherzustellen. Anthropogene Eingriffe wie Fahrinnenanpassungen und das Abschneiden der Vorländer durch Deichbauten führten zu einem veränderten hydraulischen Verhalten, was sich unter anderem in einem ungünstigeren Transportverhalten und längeren Aufenthaltszeiten des Wasserkörpers widerspiegelt. Das Flut- zu Ebbstrom Verhältnis hat sich in den vergangenen Jahrzehnten zu einem stärkeren Flutstrom und einem schwächeren Ebbstrom verschoben, was das sogenannte tidal pumping verstärkt. Das heißt, dass zumindest zeitweise ein stromaufgerichteter Transport stattfindet, der große Mengen Feinmaterial von der Nordsee in Richtung Hamburg transportiert. Gleichzeitig bewirkt die Vergrößerung des Tidevolumens, dass der Einfluss des Oberwassers im Verhältnis geringer wird und der stromab gerichtete Transport weiter geschwächt wird.

Neben den aufwendigen Unterhaltungsmaßnahmen haben die genannten Effekte auch Auswirkungen auf die biologisch/chemischen Prozesse in der Tideelbe und letztlich auf den Sauerstoffgehalt. Nach heutigem Prozessverständnis führen vor allem die großen Wassertiefen und die schlechte Durchleuchtung der Wassersäule im Hamburger Hafen zu einem Absterben des Phytoplanktons, das über das Wehr Geesthacht in die Tideelbe transportiert wird. Die anschließende Mineralisation des Phytoplanktons zehrt Sauerstoff und führt zu sommerlichen Mangelsituationen stromab von Hamburg. Sauerstoffkonzentrationen unterhalb von 4 mg/l, was als fischkritisch anzusehen ist, sind im Sommer keine Seltenheit. Das ungünstige Transportverhalten und die damit verbundenen längeren Aufenthaltszeiten führen dabei dazu, dass das abgestorbene Phytoplankton nur sehr langsam in Richtung Nordsee gespült wird und räumlich relativ konzentriert im Bereich des Hamburger Hafens mineralisiert.

Die sommerlichen Sauerstoffmangelsituationen in der Tideelbe sind also eine Folge verschiedener, zum Teil stark voneinander abhängiger Prozesse. Im Rahmen der aktuellen Arbeiten an der Bundesanstalt für Wasserbau sollen die einzelnen Prozesse und ihre Abhängigkeiten genauer untersucht und aufgearbeitet werden. Hierbei stehen vor allem Prozessketten im Mittelpunkt, die auf veränderten hydraulischen Bedingungen innerhalb des Ästuars beruhen, also zum Beispiel, wie bauliche Maßnahmen die Strömung, das Transportverhalten, die Aufenthaltszeiten und letztlich auch den Sauerstoffgehalt der Tideelbe verändern können.

# Eine messdaten- und modellgestützte Untersuchung des Sauerstoffdefizits der Tideelbe im Juni 2022

Fabian Große, Tina Sanders, Werner Blohm, Jens Wyrwa, Andreas Schöl

Bundesanstalt für Gewässerkunde, Am Mainzer Tor 1, 56068 Koblenz, grosse@bafg.de

In der Tideelbe bildet sich jeden Sommer ein Sauerstoffdefizit, dessen Dauer, Ausdehnung und Intensität insbesondere vom Eintrag organischen Materials aus der Mittelelbe bestimmt wird. In der Regel treten die geringsten Sauerstoffkonzentrationen im Bereich des Hamburger Hafens bei Seemannshöft (Elbe-km 629) auf und das Defizit erstreckt sich stromauf bis ca. Elbe-km 620. Ende Juni 2022 wurden jedoch bei Bunthaus (Elbe-km 609) im oberen, flachen Teil der Tideelbe die geringsten Sauerstoffkonzentrationen seit der Wiedervereinigung gemessen, welche zeitweise sogar geringer ausfielen als bei Seemannshöft. Zeitgleiche Messungen am Gezeitenwehr in Geesthacht (Elbe-km 585) zeigten zudem, dass diese geringen Konzentrationen ihren Ursprung in der Mittelelbe hatten und mit auffällig geringen Chlorophyll-a-Konzentrationen einhergingen. Wir nutzen eine Modellinstanz des Gewässergütemodells QSim1D für die Mittelelbe unter Verwendung hochaufgelöster Dauermessungen am oberen Modellrand (Elbe-km 0 bei Schmilka) und einem reduzierten Satz an Randwerten, um die Entwicklung des Sauerstoffs in der Mittelelbe während des Ereignisses im Juni 2022 zu simulieren. Die Modellergebnisse legen nahe, dass der geringe Abfluss – und somit die erhöhte Fließzeit – und günstige Wachstumsbedingungen zu einer starken Zunahme des Zoo-planktons und damit des Algenwegfraßes in der unteren Mittelelbe führten. In der Folge bewirkte dies dort die Verschiebung von einem autotrophen zu einem heterotrophen Zustand. Die Folge war eine deutliche Abnahme des Sauerstoffgehalts bereits oberhalb des Wehrs in Geesthacht. Daneben zeigt die Untersuchung, dass das reduzierte Modellsetup die wesentlichen Aspekte der Sauerstoffentwicklung in der Mittelelbe abbilden kann, obgleich die Intensität des Ereignisses nicht vollständig wiedergegeben wird. Dies liefert erste Erkenntnisse hinsichtlich einer möglichen Weiterentwicklung des Modellsystems zu einem Kurzfrist-Vorhersagewerkzeug für die Sauerstoffbedingungen in der unteren Mittel- und der Tideelbe.

# Modellierung der Nährstoffeinträge und Bodenphosphat-Remineralisierung im Ems-Ästuar

Gholamreza Shiravani, Tea Behrends, Cordula Berkenbrink, Dennis Oberrecht, Andreas Wurpts

Forschungsstelle Küste (FSK) im NLWKN, Jahnstraße 1, 26506 Norden,  
Gholamreza.Shiravani@nlwkn.niedersachsen.de

Zunehmende landwirtschaftliche und industrielle Aktivitäten haben in den vergangenen Jahrzehnten zu hohen anthropogenen Nährstoffeinträgen in der Nordsee geführt. Die resultierende Vermehrung der Biomasse von einzelligen Algen, Phytoplankton, ist eine Ursache für Eutrophierung.

Die NLWKN-Forschungsstelle Küste hat im Rahmen des EU-Interreg-Projektes „Wasserqualität“ ein mit übergeordneten Nordsee-Gewässergütemodellen harmonisiertes, räumlich hoch aufgelöstes und auf den Bereich der Emsmündung und angrenzenden Watten fokussiertes Gewässergütemodell aufgebaut und angewendet.

Das Modellsystem beinhaltet neben der hydrodynamischen Komponente ein vollständig gekoppeltes morphodynamisches Modell. Dieses auf Delft3D basierende System weist Erweiterungen auf, um den schllickigen Anteil in gemischtem Sediment (Schlick und Sand) sowie auch Flüssigschllick in der Wassersäule berücksichtigen zu können (Oberrecht, 2021).

Für die Nährstoffbilanz (TN, TP, NO<sub>3</sub>, N-NH<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>) wird eine Kopplung mit D-Water Quality (DELWAQ) betrieben. Das Gewässergütemodell berücksichtigt aufgrund der Kopplung mit dem Sedimenttransport direkt berechnete Schwebstoffkonzentrationen und Sedimentations-/Erosionsflüsse.

Für den Austausch der bodennahen Nährstoffe in der Wassersäule mit den im Sedimentkörper gespeicherten Nährstoffen wurde der analytische Ansatz von Gypens et al. (2008) zur Phosphat-Remineralisierung implementiert und untersucht. Die Auswirkungen der hierdurch veränderten Phosphatbilanz auf die Konzentration von Chl-a wurde ausgewertet und mit Messdaten verglichen.

Des Weiteren wurde ein Szenario zur Reduzierung des Stickstoffeintrags modelliert, um die Auswirkungen auf Phytoplankton durch die Bewertung der Konzentration von Chl-a zu untersuchen.

Der Vortrag zeigt die Modell-Ergebnisse für Gewässergüteparameter unter der Berücksichtigung des reduzierenden Szenarios für Stickstoff und die Auswirkung des Nährstoffaustauschs zwischen Wasser und Sedimentboden im Vergleich zu Messdaten.

# Masterplan Ems 2050 / Technischer Test 2020 – Ergebnisse des Monitorings

Andreas Engels, Christine Borgsmüller, Andreas Schöl

NLWKN, Oldersumer Str. 48, 26603 Aurich, [Andreas.Engels@nlwkn.niedersachsen.de](mailto:Andreas.Engels@nlwkn.niedersachsen.de)

Das Bundesland Niedersachsen ist verpflichtet, die ökologische Situation der Ems zu verbessern. Mit dem Masterplan Ems 2050 ist eine letzte Möglichkeit gegeben, eine hohe Strafe zu vermeiden, die von der EU angedroht wurde.

Die ökologische Situation des Flusses und seiner Umgebung haben sich in der Vergangenheit stark verschlechtert. Der heutige Zustand ist im Wesentlichen gekennzeichnet durch:

- a) Hohe Strömungsgeschwindigkeiten mit einer starken Flutstromdominanz,
- b) hoher Netto-Import von Feinsediment,
- c) hohe Schwebstoffkonzentrationen,
- d) eine mächtige Flüssigschlickschicht,
- e) niedrige Sauerstoffkonzentrationen,
- f) hohe Salzkonzentrationen,
- g) hohe Unterhaltungskosten.

Der Masterplan Ems 2050 umfasst im Wesentlichen folgende Maßnahmen, wobei die Vereinbarkeit von Ökologie und Ökonomie einen hohen Stellenwert hat:

- I. Verminderung der hohen Schwebstoffkonzentrationen und der mächtigen Flüssigschlickschicht in der Unterems und darüber Verbesserung der Sauerstoffsituation sowie Verminderung der Verschlickung und Vermeidung hoher Unterhaltungskosten,
- II. Verbesserung der ökologischen Durchgängigkeit an Wehren, Sielen und Schöpfwerken,
- III. Einrichtung ästuartypischer Lebensräume.

In der Vergangenheit wurden zahlreiche Machbarkeitsstudien zur Reduzierung des Netto-Imports von Sediment angefertigt. Bei der Auswahl einer geeigneten Maßnahme stand die Erfordernis einer möglichst hohen Effizienz bei gleichzeitig niedrigem Konfliktpotenzial im Vordergrund. Letztlich stellte sich der temporäre Einsatz des Emssperrwerks zur günstigen Beeinflussung der Tidebewegung als beste Maßnahme heraus. Es besteht die Möglichkeit, das Emssperrwerk in zwei unterschiedlichen Formen einzusetzen. Im Sommer 2020 erfolgte eine Erprobung der sogenannten flexiblen Tidesteuerung über die Dauer von fast zwei Monaten, durch den die Eignung des Sperrwerks unter Beweis gestellt sowie der positive Effekt auf den Sedimenttransport und letztlich auf die Gewässergüte unter realen Bedingungen gezeigt wurde. Der technische Test wurde durch eine umfangreiche Messkampagne begleitet. Die daran beteiligten Institutionen waren die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), das Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Ems-Nordsee (WSA), die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), Niedersachsen Ports Niederlassung Emden (NPorts) und der NLWKN (Forschungsstelle Küste und Betriebsstelle Aurich).

# How biological factors influence suspended particulate matter dynamics in shallow waters: a model study

Enpei Li, Kai Wirtz

Helmholtz-Zentrum Hereon GmbH, Max-Planck-Straße 1, 21502 Geesthacht, aktuell in der BfG:  
li@bafg.de

The transport of suspended particulate matter (SPM) is highly variable in shallow waters such as estuaries. Although the main driver of SPM variability in shallow waters is thought to be physical, contributions from biology have been suggested but generally ignored in models. Both the size and concentration of SPM are influenced by biological factors. For example, sticky organic matter affects aggregation efficiency and therefore SPM size. SPM size controls sedimentation and therefore the distribution of SPM. Seasonally, the amount or stickiness of organic matter varies due to biological activity.

To quantify this biological influence, we used a coupled 1D size-based SPM model. This model reproduces the typical concentration and size signal of SPM on a tidal scale in different seasons and depths, as reported in the literature from laboratory and in situ conditions. By systematically varying the model parameters, we identified seasonal and site-specific changes in key processes that can be linked to biological activities.

Our simulations show that the resistance of aggregates to breakage is about five times higher in summer than in winter for the offshore site. Less breakage favors larger particle size, this results in general trend that size is larger in summer than winter, in addition to less turbulence in summer. Interestingly, the laboratory experiments show little biological influence, as the experiment may only involve degradation of sticky organic matter.

Furthermore, our 1D model shows that more aggregation leads to faster settling, so that more SPM is concentrated in the near-bed layers in summer than in winter. SPM concentrations in the upper layers are about ten times higher in winter than in summer, while they are similar in the lower layers. Ignoring seasonal differences in seasonal and biological parameters can lead to large deviations in the modelled SPM vertical distribution, although it seems to be able to fit the observation made at a certain depth. These results provide guidance for the integration of biological factors in SPM modeling.

# Long-term SPM dynamics in the Elbe Estuary and adjacent coastal zone: interactions with phytoplankton underestimated?

Justus van Beusekom, Tina Sanders, Dorothee Fehling, Gesa Schulz, Fabrizio Minutolo, Andreas Neumann, Kirstin Dähnke

Helmholtz-Zentrum Hereon GmbH, Max-Planck-Straße 1, 21502 Geesthacht,  
Justus.van.Beusekom@hereon.de

The Elbe Estuary is experiencing manifold human induced changes including increased eutrophication, dredging activities superimposed on climate change. Based on long-term data we will show that SPM-dynamics in the Hamburg Harbour region changed over time from background riverine levels of about 20 mg/l to up to 5-fold higher present levels observed during low freshwater discharge. These changes were paralleled by dredging activities. The source of SPM in the harbour region changed toward a dominance of marine SPM. Interactions of eutrophication-induced massive riverine phytoplankton blooms and marine SPM lead to the deposition and degradation of organic-rich material in the harbour region, now being a hotspot of among others coupled nitrification - denitrification, O<sub>2</sub> consumption and N<sub>2</sub>O release. Given the importance of marine SPM in the Elbe estuary and its deposition in the Hamburg Harbour area, we will discuss the interactions between eutrophication and SPM dynamics in the coastal North Sea.

# Modellierung der Mikroplastikkontamination im Weser-Ästuar und angrenzenden Wattenmeer

Gholamreza Shiravani, Andreas Wurpts

Forschungsstelle Küste (FSK) im NLWKN, Jahnstraße 1, 26506 Norden,  
Gholamreza.Shiravani@nlwkn.niedersachsen.de

Die jährliche globale Menge an Plastikmüll ist von etwa 1,7 Millionen Tonnen in den 1950er Jahren auf etwa 391 Millionen Tonnen im Jahr 2021 angestiegen (PlasticsEurope, 2022). Aktuelle Entwicklungen zeigen, dass zwischen 1.15 und 2.41 Millionen Tonnen von Plastikmüll im Meer durch die Flüsse eingetragen werden (Siegfried et al., 2017). Mikroplastik (MP) weist aufgrund seiner großen inneren Oberfläche im Vergleich zu anderem Plastikmüll eine höhere Schadstoffaufnahme-fähigkeit auf und kann aufgrund seiner geringen Größe von den Meeres- und Flussorganismen aufgenommen werden.

Die NLWKN-Forschungsstelle Küste hat im Rahmen des BMBF-geförderten Verbundforschungsvorhabens PLAWES ein Modell für den MP-Transport und die MP-Bilanz von Ästuaren entwickelt. Das Modell wurde in der Tideweser (vom Weserwehr bis zur offenen Nordsee) eingesetzt und mit Analysewerten verglichen. Analysierte MP-Proben von der Wasseroberfläche (Roscher et al., 2021) sowie Bodensedimentproben und gemessene Konzentrationen für Chl-a durch FSK-FerryBox wurden für die Kalibrierung und Validierung des entwickelten Modellwerkzeugs (FSK-MPTM) verwendet (Shiravani et al., 2023).

FSK-MPTM besteht aus einem dreidimensionalen hydro-/morphodynamischen Ästuarmodell, das mit einem Gewässergüte- und dem MP-Transportmodell gekoppelt betrieben wird. Hervorzuhebende Prozesse sind die Interaktion von MP mit ästuarinem Feinsediment und die Berücksichtigung des Biofouling auf die MP-Transporteigenschaften. Die entwickelten innovativen Ansätze und die entsprechenden Modellergebnisse für das Untersuchungsgebiet Tideweser werden im Workshop vortragen.

# Scrubber-Abwässer aus der Schifffahrt: Ein Schadstoff-Modell auf Basis spezifischer Messungen und Daten zur Unterstützung von Schutzmaßnahmen in der Nord- und Ostsee

Christoph Stegert, Octavio Marin, Kristina Deichnik, Annika Krutwa, Ina Lorkowski, Fabian Schwichtenberg

Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Bernhard-Nocht-Str. 78, 20359 Hamburg,  
Christoph.Stegert@bsh.de

Mit der Einführung internationaler Regulierungen (MARPOL Annex VI) zur Reduzierung der Emission von Schwefeloxiden (SO<sub>x</sub>) nahm der Einsatz von Scrubbern in der Schifffahrt in den vergangenen Jahren stark zu. Bei der Nutzung von Scrubbern wird schwefelhaltiges Abgas durch ein Reinigungsmedium geleitet und anschließend ins Meer emittiert. Dabei werden neben Schwefeloxiden weitere Schadstoffe wie polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs) und Schwermetalle in das Meer eingeleitet. Um den Einfluss dieser Scrubber-Abwasser auf die marine Umwelt zu ermitteln, sind a) deren chemische Zusammensetzung und ökotoxikologische Wirkung zu bestimmen und b) die räumliche Verteilung im Meer sowie die Interaktion mit dem Ökosystem zu modellieren.

Im Projekt ImpEx wurde eine Probenahme- und Messkampagne an Bord von vier Schiffen durchgeführt. Die chemische Charakterisierung der Scrubber-Abwasser zeigte erhöhte Konzentrationen an Schadstoffen, welche teils persistent und bioakkumulierend sind. Dabei reichte die Toxizität der Proben von sehr gering bis sehr hoch.

Die Informationen zu Eintragsvolumina, Konzentrationen und chemischem Verhalten der Schadstoffe bilden eine wichtige Grundlage für die Implementierung eines neuen Schadstoffmoduls in das dreidimensionale physikalisch-biogeochemische Modell HBM-ERGOM im Rahmen des MOSAB-Projektes. Gekoppelt mit Daten zu Schiffsbewegungen und Nutzung verschiedener Scrubber-Systeme ermöglicht das Modell zum einen, den Eintrag an Abwässern und die räumlich-zeitliche Ausbreitung in der Nord- und Ostsee zu berechnen. Zum anderen werden biogeochemische Effekte in der Wassersäule wie die Anlagerung von Schadstoffen an organische Substanzen abgebildet. Die Simulation verschiedener Szenarien unterstützt eine bessere Einschätzung der Effekte auf das Ökosystem sowie die Wirkung möglicher Maßnahmen zur Sicherung von Schutzzonen. Die Ergebnisse unterstützen somit die Implementierung der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL, Deskriptor 8: Schadstoffe).

# Dispersionsversuche als Teil der Modellierung von Wasser- und Stoffstromdynamiken

Annika Linkhorst, Julia Arndt, Lars Duester, Rike Völpel

Bundesanstalt für Gewässerkunde, Am Mainzer Tor 1, 56068 Koblenz, linkhorst@bafg.de

Die Erarbeitung effektiver Modelle zur gewässerchemischen Ausbreitungsvorhersage in Flüssen ist eines mehrerer Ziele des großräumigen Überwachungskonzepts für Bundeswasserstraßen der Bundesanstalt für Gewässerkunde zum Schutz der zivilen Sicherheit. Das Projekt FLUXAM hat zum Ziel, Wasser- und Stoffflüsse des Rheins und seiner Zuflüsse besser zu verstehen und deren Abbildung im Modellsystem zu optimieren. Das Projekt TRACE befasst sich mit der Erhebung von Datengrundlagen für die Kalibrierung und Validierung dieser Ausbreitungsmodelle. Für beide Projekte bilden Dispersionsversuche mit Markierungsstoffen (Tracern) eine wesentliche Grundlage.

Der Parameter Ausbreitung (Dispersion) ist der Schlüssel zur Vorhersage des Transports von Wassermassen in Gewässern und kann zur Beschreibung des Transports radioaktiver und gelöster Stoffe – z.B. Schadstoffe – verwendet werden. Zuverlässige Vorhersagen setzen eine solide Kenntnis der Parameter, die die Dispersion steuern, voraus. Die Beschreibung von Dispersionsprozessen in Flüssen ist allerdings komplex und hängt direkt von der jeweiligen Flussmorphologie und den sich ändernden hydrologischen Randbedingungen ab; theoretisch abgeleitete Dispersionskoeffizienten bilden diese Prozesse nur unzureichend ab. Die durch den Klimawandel bedingte zunehmende Variabilität von Abflussbedingungen mit extremen Hoch- und Niedrigwasserphasen steigert den Bedarf, anpassungsfähige Modelle zur Vorhersage der Dispersion unter wechselnden Bedingungen zu schaffen.

Der Vorhersage zugrunde liegende numerische Modelle werden durch Feldstudien kalibriert und validiert. Für diese Dispersionsversuche nutzen wir das radioaktive Wasserstoffisotop Tritium. Tritium eignet sich besonders gut, da es, eingebaut in Wassermoleküle, konservativ transportiert wird, keinen Sorptionseffekten unterliegt und über die Abwässer von Kernkraftwerken routinemäßig in Form von Stoßeinleitungen in angrenzende Flüsse abgegeben wird. Für FLUXAM und TRACE haben wir diese Punktquellen für die Durchführung von Dispersionsversuchen entlang der Mosel, Weser, Isar/Donau, Ems und des Neckars genutzt. Da Tritium mit dem Abschalten der deutschen Atomkraftwerke zukünftig nicht mehr zur Verfügung steht, suchen wir auf unterschiedlichen Wegen nach möglichen alternativen Tracern.

Im Rahmen dieses Beitrags stellen wir erste Ergebnisse beider Projekte vor und geben einen Ausblick über zukünftige Modellierungen.

# Modellierung von Arzneimittelwirkstoffen in Gewässern: Ansätze für Gegenwart und Zukunft am Beispiel von Carbamazepin

Benjamin Schima, Gerd Hübner, Daniel Schwandt

Bundesanstalt für Gewässerkunde, Am Mainzer Tor 1, 56068 Koblenz, schima@bafg.de

Wirkstoffe von Humanarzneimitteln werden im Wesentlichen über Kläranlagen in Gewässer eingetragen, wo sie im Rahmen der Gewässergüte-Überwachung auch nachgewiesen werden. Für einige Wirkstoffe – wie für das gegen Epilepsie eingesetzte Carbamazepin – existieren aufgrund ihrer ökotoxikologischen Relevanz Vorschläge für Umweltqualitätsnormen (Schwellenwerte zur zulässigen Konzentration im Gewässer), die zumindest stellenweise überschritten werden.

Die rechnerische Nachbildung bzw. Modellierung der Konzentration von Arzneistoffen in Fließgewässern stellt selbst bei fast ausschließlich gelöst und weitgehend konservativ transportierten Stoffen wie Carbamazepin eine Herausforderung dar. Wesentliche Gründe sind emissionsseitig die anspruchsvolle Herleitung von Daten zu Konsum und Ausscheidung aus dem menschlichen Stoffwechsel und immissionsseitig die räumlich und zeitlich nur punktuell vorliegenden Messwerte zur Konzentration im Gewässer.

Am Beispiel der Elbe während des extremen Niedrigwassers 2019 (relativ gute Datenlage) werden ein numerisches Modell und ein vereinfachter Berechnungsansatz zur Bilanzierung von Carbamazepin im Gewässer verglichen. Verwendet wurde das Gewässergütemodell QSim als räumlich aufgelöstes 1-D-Modell unter Einsatz des Moduls „Konservative Substanzen“. Transformation oder Abbau von Carbamazepin finden im Modell nicht statt. Als Randbedingungen für die Stoffeinträge stehen für große Nebengewässer Messwerte zur Verfügung, für direkt einleitende Kläranlagen werden sie anhand von Bevölkerungszahlen überschlägig ermittelt.

Im vereinfachten Berechnungsansatz wird das Modellgebiet nicht explizit aufgelöst, sondern Stofffrachten anhand der Bevölkerungszahlen im Einzugsgebiet geschätzt. Zur Berechnung der Stoffkonzentration wird der gemessene Durchfluss am jeweiligen Bezugspegel verwendet. Der Stoffumsatz im Gewässer bleibt unberücksichtigt.

Die QSim-Modellierung und der vereinfachte Berechnungsansatz führten zu ähnlichen Ergebnissen. In beiden Fällen lagen die Abweichungen zu den Messwerten im akzeptablen Bereich, wobei die QSim-Modellierung geringfügig besser zu bewerten ist.

Der vereinfachte Ansatz benötigt weniger Datengrundlagen, hat jedoch restriktivere Voraussetzungen (z. B. annähernd konstanten Stoffeintrag). Er ist besonders geeignet, wenn keine oder kaum Messwerte im Gewässernetz vorliegen. Ein Einsatzzweck sind Szenarienrechnungen für die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS-Basisdienst) unter Berücksichtigung von projizierten zukünftigen Klimaänderungen. Szenarienergebnisse für Carbamazepin werden am Beispiel des Rheins vorgestellt.

# Aktuelle Entwicklungen in QSim

Jens Wyrwa, Marieke Frassl, Fabian Große, Michael Schönung, Tinh Vu

Bundesanstalt für Gewässerkunde, Am Mainzer Tor 1, 56068 Koblenz, wyrwa@bafg.de

Das abgeschlossene MUG-Projekt zeigt, dass für das Gelingen einer interdisziplinären Modell-Integration strukturierte Datenflüsse und Workflows, eine interdisziplinäre Abstimmung von Modellierungskonzepten und verbesserte Verfahren für die Evaluierung und Visualisierung entscheidend sind.

In Ergänzung zur Entwicklung des Berechnungsverfahrens von QSim in Fortran ist mit der Codierung von R-Skripten zur Automatisierung von Pre- und Postprocessing-Aufgaben begonnen worden, die vor allem die Durchführung von umfangreichen Simulationsarbeiten für langjährige Prognosen unterstützen und kontinuierlich erweitert werden.

Aktuell befindet sich die Anbindung an die open-source Simulations-Familie SCHISM in der Fertigstellung. Unter Beibehaltung der Offline-Kopplung wird das Transportverfahren von SCHISM code-gleich übernommen. Dadurch wird ein weiterer hydraulischer Treiber nutzbar und es wird ein Transportverfahren höherer Ordnung verfügbar. Vor allem aber geht damit die Parallelisierung des Stofftransports einher und es stellt den Einstieg in die tiefenaufgelöste Simulation dar. Diese QSim3D-Erweiterung wird dann im Forschungsprojekt QUESTOSI, in dem es um Stofftransporte zwischen Haupt- und Nebenrinnen in Ästuaren geht, mit erprobt werden.

Wir haben uns zur Restrukturierung der Datenstrukturen und des Hauptprogramms von QSim1D entschlossen. Wir gehen davon aus, dass dies eine Voraussetzung dafür ist, Erweiterungen von QSim in Zukunft mit weit geringerem Aufwand realisieren zu können.

**Bundesanstalt für Gewässerkunde**

Am Mainzer Tor  
56068 Koblenz

Telefon: +49 261 1306-0  
Telefax: +49 261 1306-5302  
E-Mail: [posteingang@bafg.de](mailto:posteingang@bafg.de)

[www.bafg.de](http://www.bafg.de)